

PROGETTO RICLIC

Regional Impact of Climatic Change in Lombardy Water Resources: Modelling and applications (RICLIC-WARM)

MODELLO DI GENERAZIONE DEI DEFLUSSI GIORNALIERI DELL'ADDA A FUENTES E PROCEDURA MONTE CARLO

Luigi Natale

Dipartimento di Ingegneria idraulica e ambientale, Università degli Studi di Pavia

Lo studio ha lo scopo di quantificare le disponibilità idriche in relazione a:

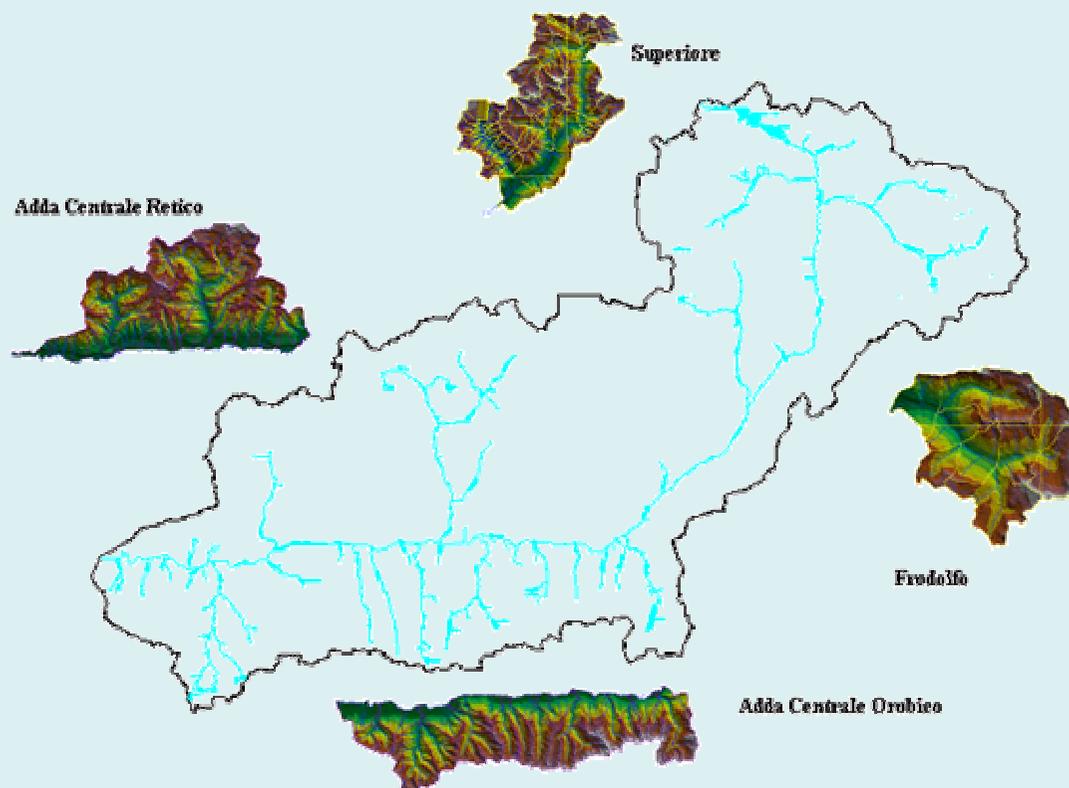
- usi della risorsa acqua
- fluttuazioni climatiche
- mutamenti climatici (?)

Il sistema naturale è complesso in quanto la sua risposta:

- dipende dalla interazione di molti fenomeni naturali
- è variabile nello spazio e nel tempo
- non è progressiva rispetto agli stimoli (**sistema non lineare**)

Il modello è applicato a un caso reale molto rappresentativo
bacino dell'Adda Valtellinese

- Sottobacino
Adda Superiore
- Sottobacino
Frodolfo
- Sottobacino
Adda Centrale
Retico
- Sottobacino
Adda Centrale
Orobico



ANALISI STATISTICA CON METODO MONTE CARLO

NON giochiamo a fare Dio

- Il metodo Monte Carlo è utilizzato
quando il campione o la storia idrologico – climatica
- non sono statisticamente significativi
 - non sono considerati adeguati

Il modello simula i fenomeni che producono la grandezza/e di interesse
(fisica, idrologica, climatica, ecc.: per noi è il deflusso giornaliero dell'Adda a Fuentes)
da analizzare statisticamente
e genera **N** serie temporali della grandezza/e di interesse,
che hanno **approssimativamente** la medesima probabilità di accadimento
della serie storica

Il modello è **statistico - deterministico**

comprende i seguenti passi:

- 1) **inseminazione casuale: riproduce l'alea del mondo reale**
- 2) modello stocastico della precipitazione **variabile nello spazio e nel tempo**
- 3) **modello deterministico della forma di precipitazione (pioggia o neve)**
- 4) modello deterministico dello scioglimento dell'accumulo nevoso
(**attualmente non è modellata la ablazione glaciale**)
- 5) **modello deterministico dell'idraulica: scorrimento e accumulo delle acque sul/nel terreno**
- 6) modello deterministico di evapotraspirazione
- 7) **modello operativo di gestione degli invasi artificiali**



I modelli da **2** a **6** potrebbero essere resi anche in forma stocastica ovvero stocastico - deterministica

La scomposizione del processo naturale di formazione dei deflussi nelle sue varie fasi componenti

- obbliga ad analizzarle singolarmente
- consente teoricamente di analizzare le conseguenze di cambiamenti di
 - clima
 - usi delle acque

Ogni modello stocastico riceve una insemminazione casuale e la somma di molte componenti casuali porta a risultati instabili e non realistici

Con i modelli deterministici si controllano

variabilità

disomogeneità

casualità della natura che dispone di automatismi di autolimitazione

MODELLO DI PRECIPITAZIONE

sono identificate quattro aree pluviometriche diverse sulle quali il modello varia la precipitazione solo in ragione della differenza di quota



I CAMBIAMENTI CLIMATICI E LE VARIAZIONI SPAZIALI E TEMPORALI DELLE RISORSE IDRICHE NELLA REGIONE LOMBARDIA

Università Milano-Bicocca, Milano 21 Novembre 2007

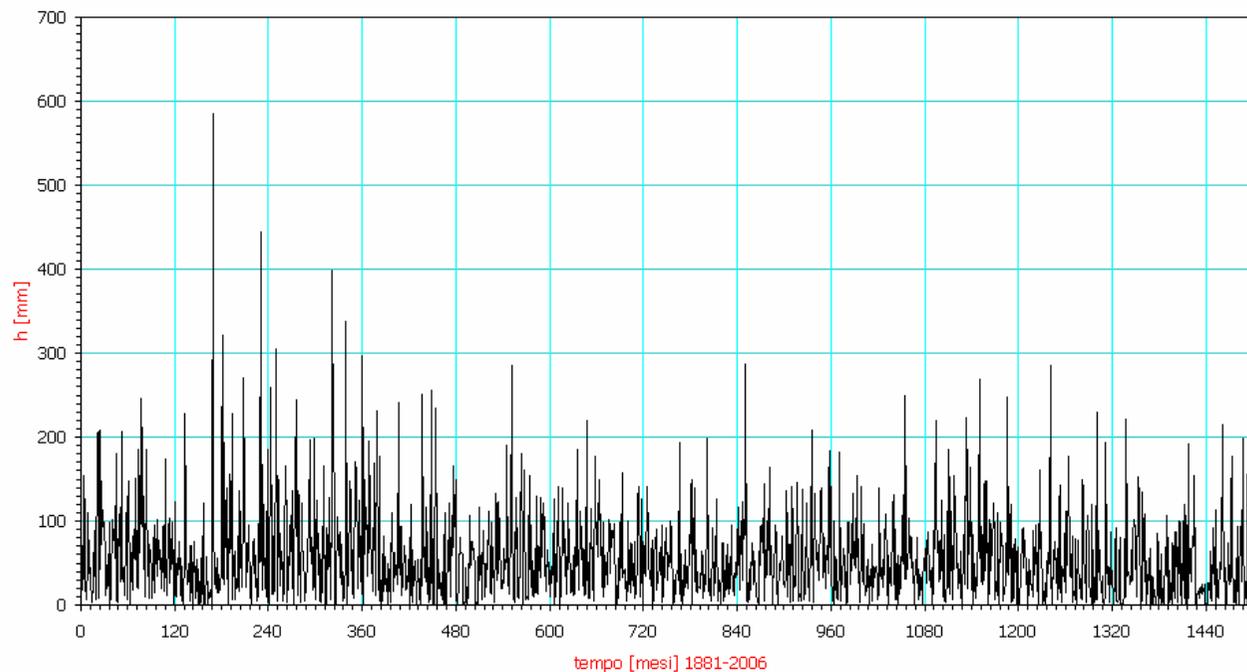


La precipitazione è considerata composta da tre componenti:

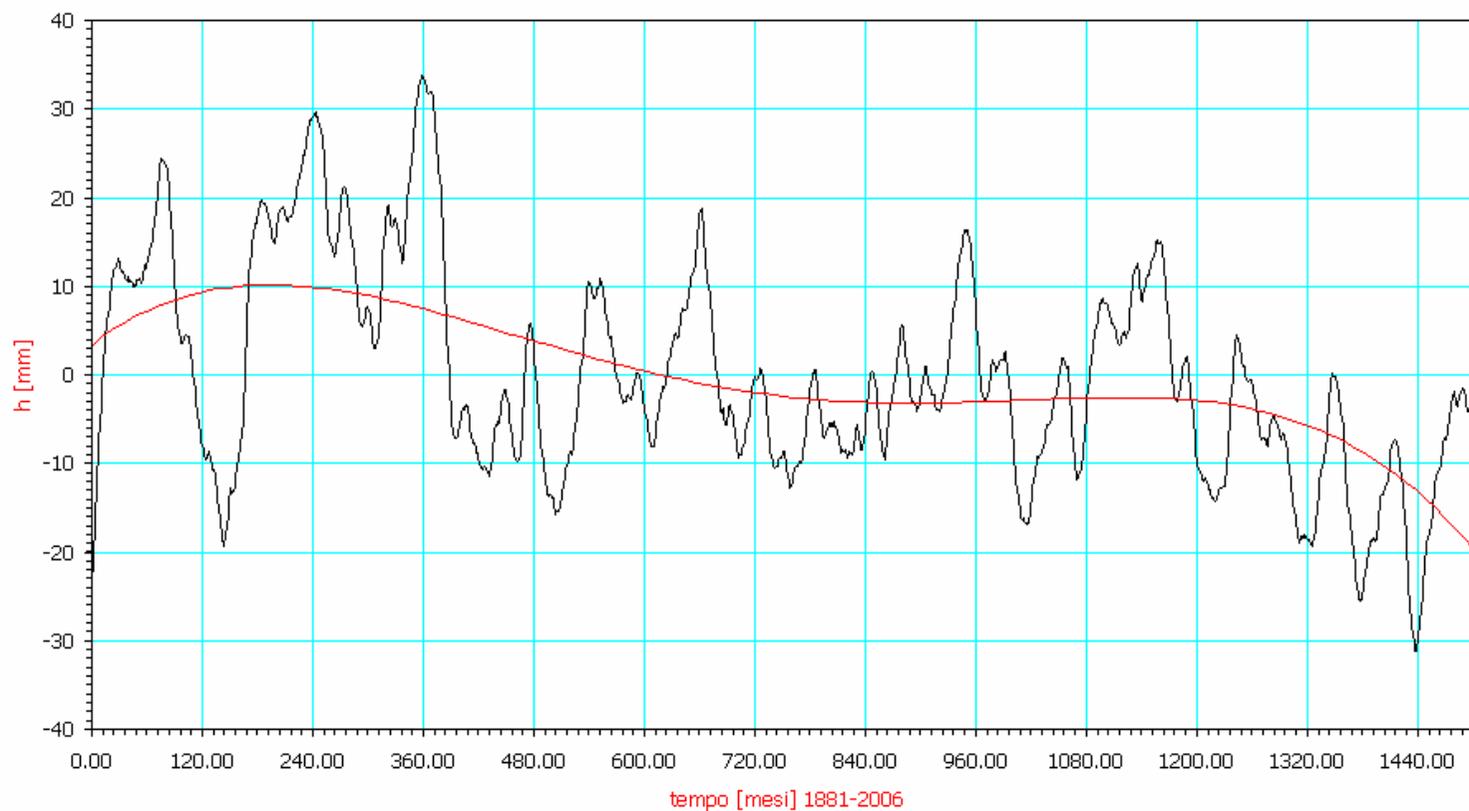
- 1) **tendenza a lungo termine con clima stazionario** (**non stazionario ?**)
- 2) **ciclicità stagionale con ampiezza stazionaria** (**non stazionaria ?**)
- 3) **componente casuale**

N.T. Kottegoda *, L. Natale, E. Raiteri: J. of Hydrology (2007) 339, 54– 64

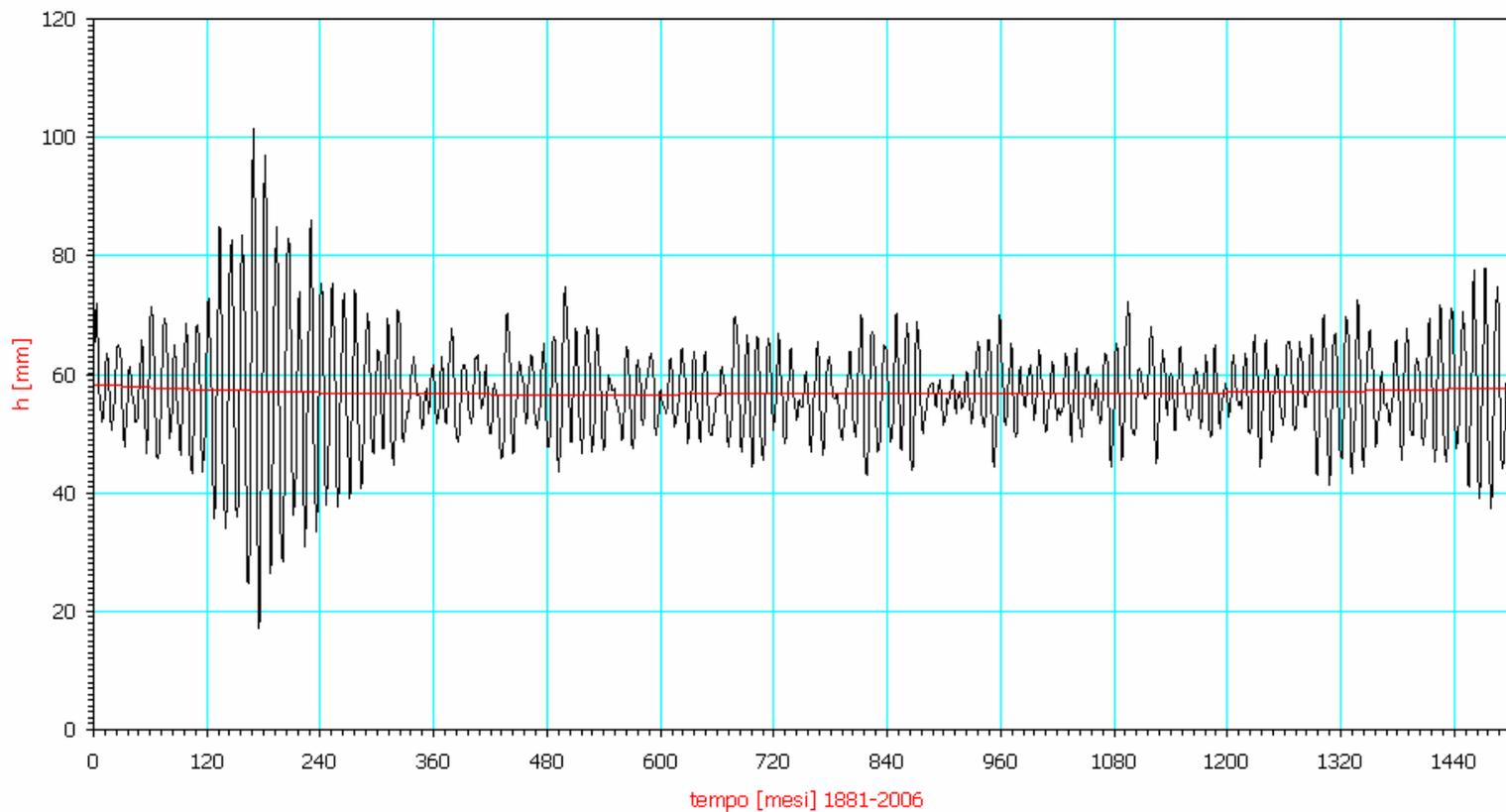
**Altezza di precipitazione mensile misurata ad ASTI
nel periodo 1881 - 2006**



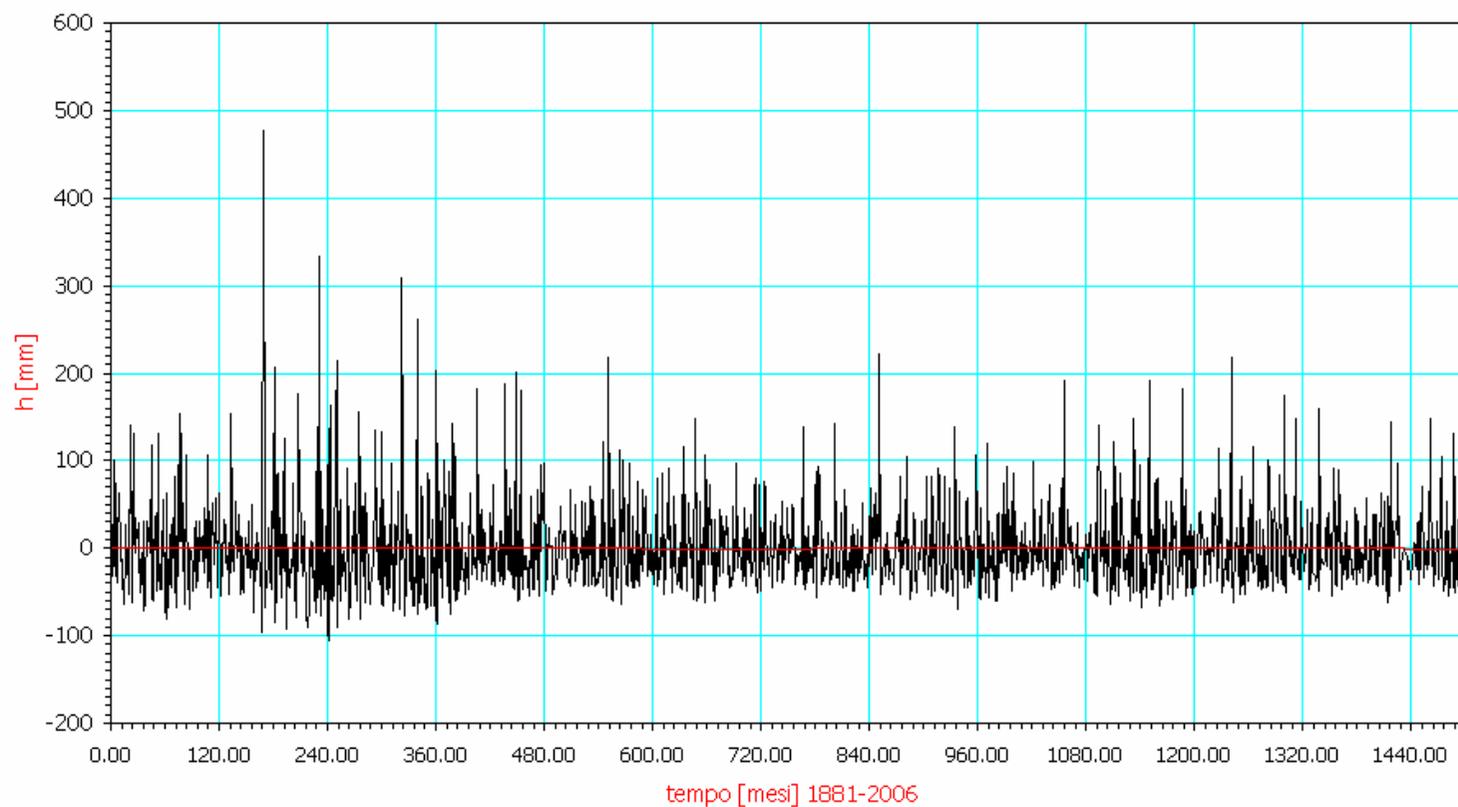
Andamento tendenziale della precipitazione ad ASTI nel periodo 1881 - 2006



**Andamento stagionale della precipitazione ad ASTI
nel periodo 1881 - 2006**



**Componente casuale della precipitazione ad ASTI
nel periodo 1881 - 2006**



I CAMBIAMENTI CLIMATICI E LE VARIAZIONI SPAZIALI E TEMPORALI DELLE RISORSE IDRICHE NELLA REGIONE LOMBARDIA

Università Milano-Bicocca, Milano 21 Novembre 2007



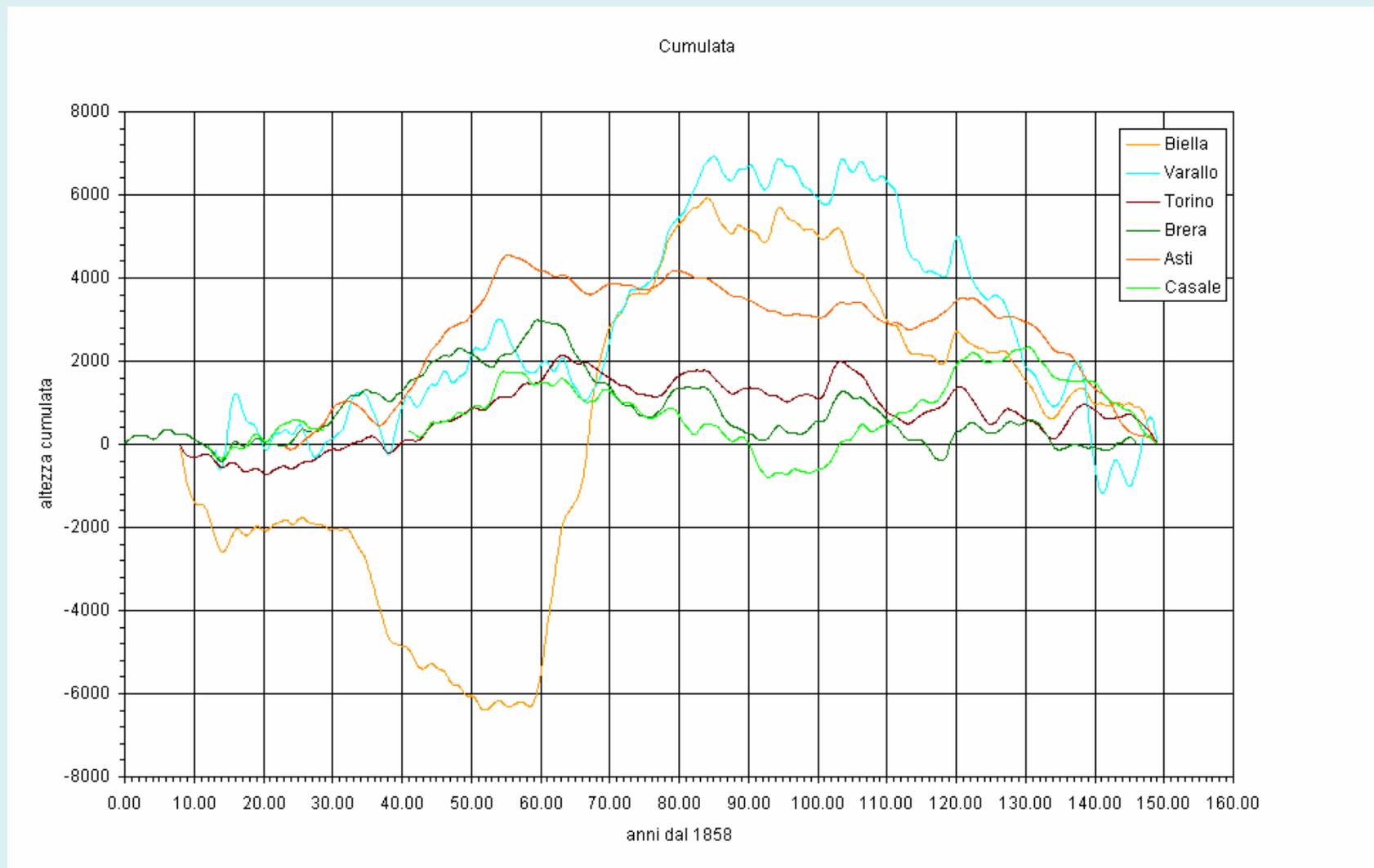
La scomposizione della serie storica della variabile climatica consente di applicare al bacino allo studio un trend rilevato su un intervallo di tempo plurisecolare in quanto si può considerare che la tendenza climatica è la medesima su aree molto vaste

Le componenti 1 e 2 sono le medesime per tutto il bacino

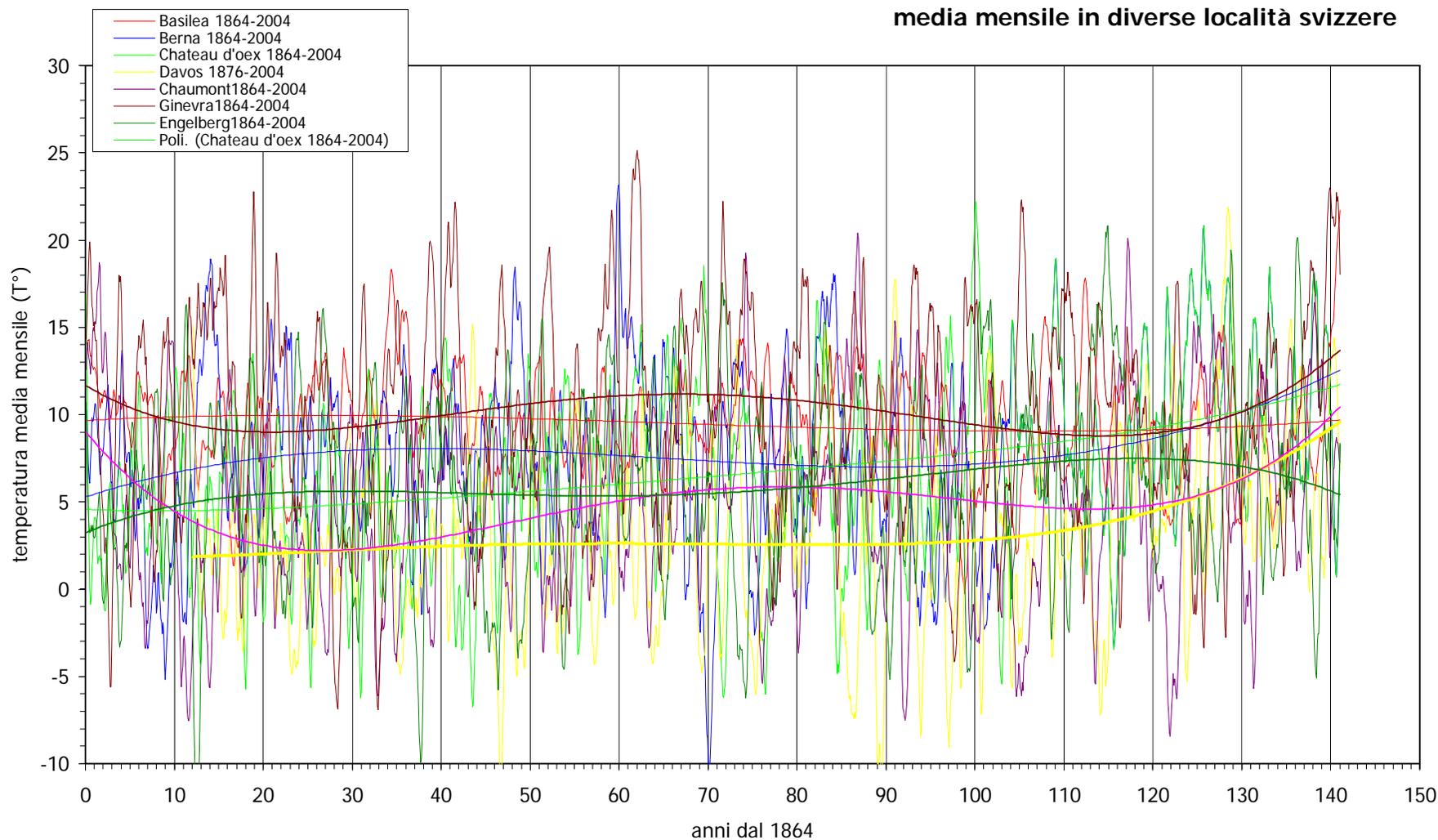
La componente 3 diversifica le singole zone climatiche

I CAMBIAMENTI CLIMATICI E LE VARIAZIONI SPAZIALI E TEMPORALI DELLE RISORSE IDRICHE NELLA REGIONE LOMBARDIA

Università Milano-Bicocca, Milano 21 Novembre 2007



Andamento tendenziale della temperatura media mensile in diverse località svizzere



MODELLO DEL MANTO NEVOSO

L'accumulo nevoso ha una notevole importanza nella modulazione dei deflussi dei bacini montani, soprattutto di alta quota

le abbondanti precipitazioni autunnali che cadono come neve alimentano il deflusso tardo primaverile

la diminuzione del deflusso nivale dei mesi di maggio, giugno può essere dovuta dalla concorrenza di varie cause da modellare

variazione di

- ❖ quantità di precipitazione autunno-invernale
- ❖ forma di precipitazione dovuta a una variazione di temperatura
- ❖ persistenza dell'accumulo per riscaldamento-raffreddamento a fine inverno

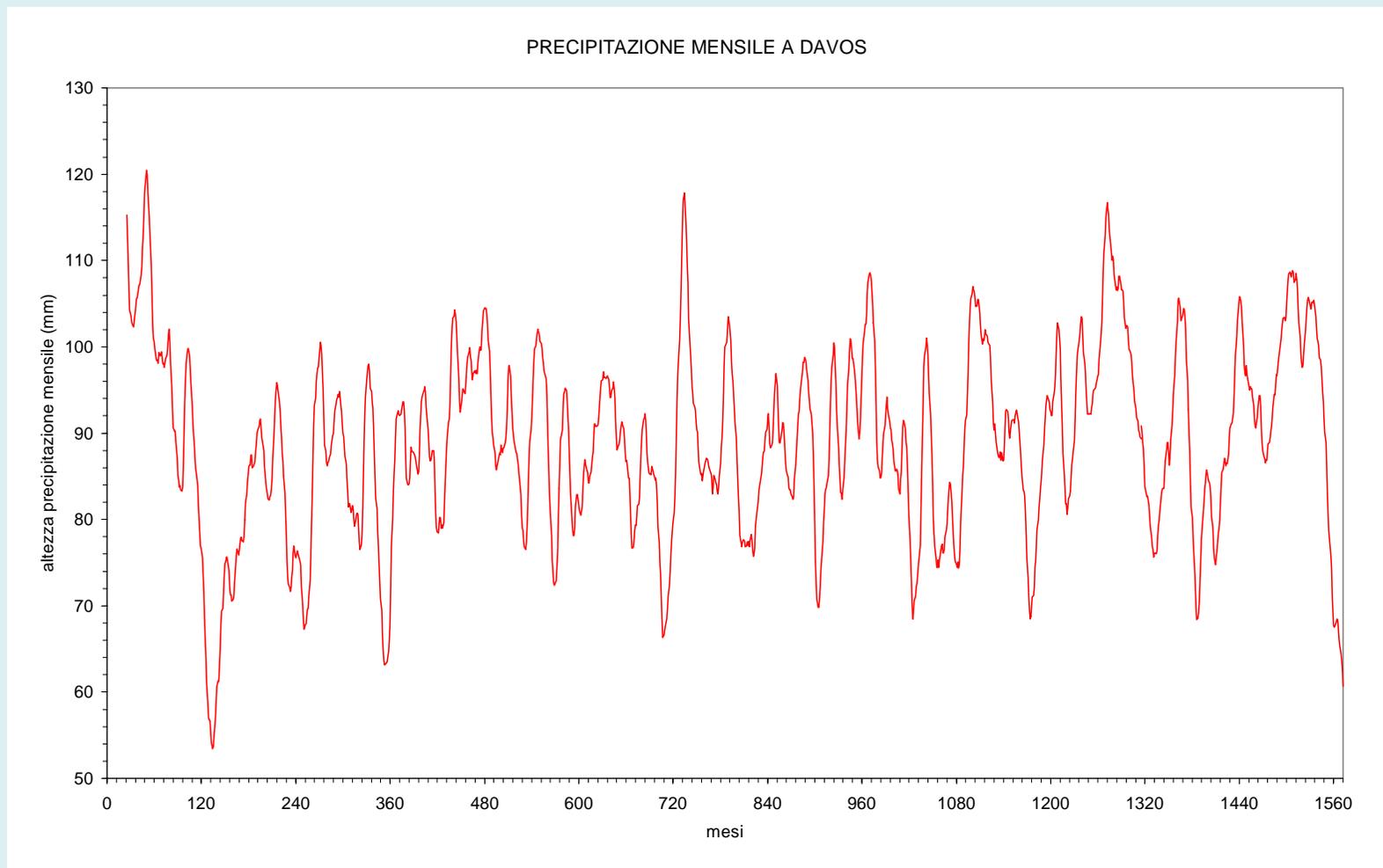
I CAMBIAMENTI CLIMATICI E LE VARIAZIONI SPAZIALI E TEMPORALI DELLE RISORSE IDRICHE NELLA REGIONE LOMBARDIA

Università Milano-Bicocca, Milano 21 Novembre 2007



L'indagine è condotta con analisi di :

- ✓ **trend delle lunghe serie storiche**



✓ copertura nevosa rilevata da satellite

I rilievi da piattaforma satellitare con sensori NOAA – AVHRR
Advanced Very High Resolution Radiometer

dei quali parlerà l'ing. Lisini misurano

- ❖ l'estensione della copertura nevosa
- ❖ la temperatura superficiale della neve

La interpretazione dei rilievi satellitari

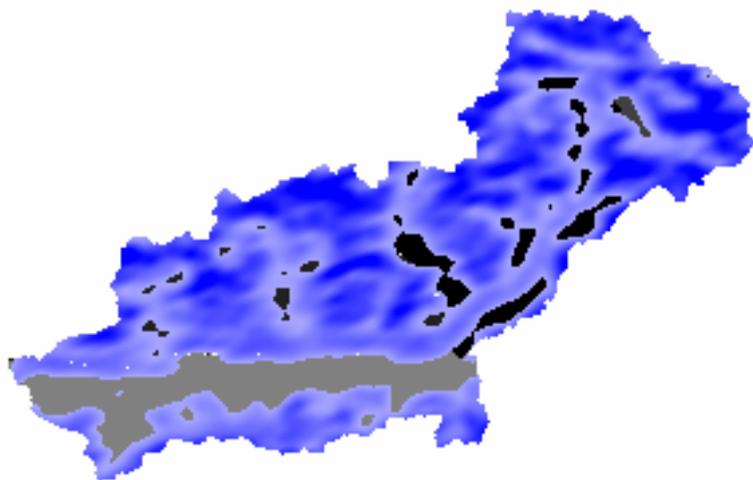
ha considerato inizialmente il periodo 2000-06 e poi 1990-95

viene ora estesa a tutto il periodo di tempo nel quale
sono state in funzione i satelliti

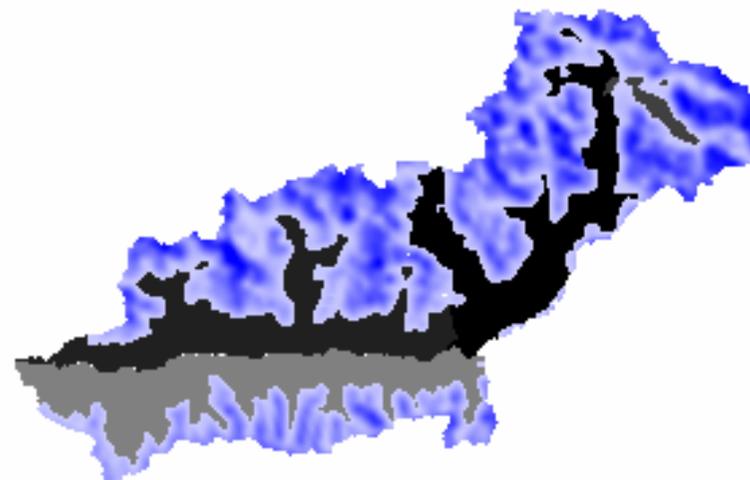
Con lo scopo di costruire una serie di misure statisticamente significativa

I CAMBIAMENTI CLIMATICI E LE VARIAZIONI SPAZIALI E TEMPORALI DELLE RISORSE IDRICHE NELLA REGIONE LOMBARDIA

Università Milano-Bicocca, Milano 21 Novembre 2007



Copertura nevosa al 11 febbraio 1991



Copertura nevosa al 13 febbraio 1993

✓ misure di spessore di neve al suolo

La unità operativa ha reperito i dati rilevati ai bacini artificiali in alta quota archiviati in forma cartacea presso l'archivio del Registro Italiano Dighe

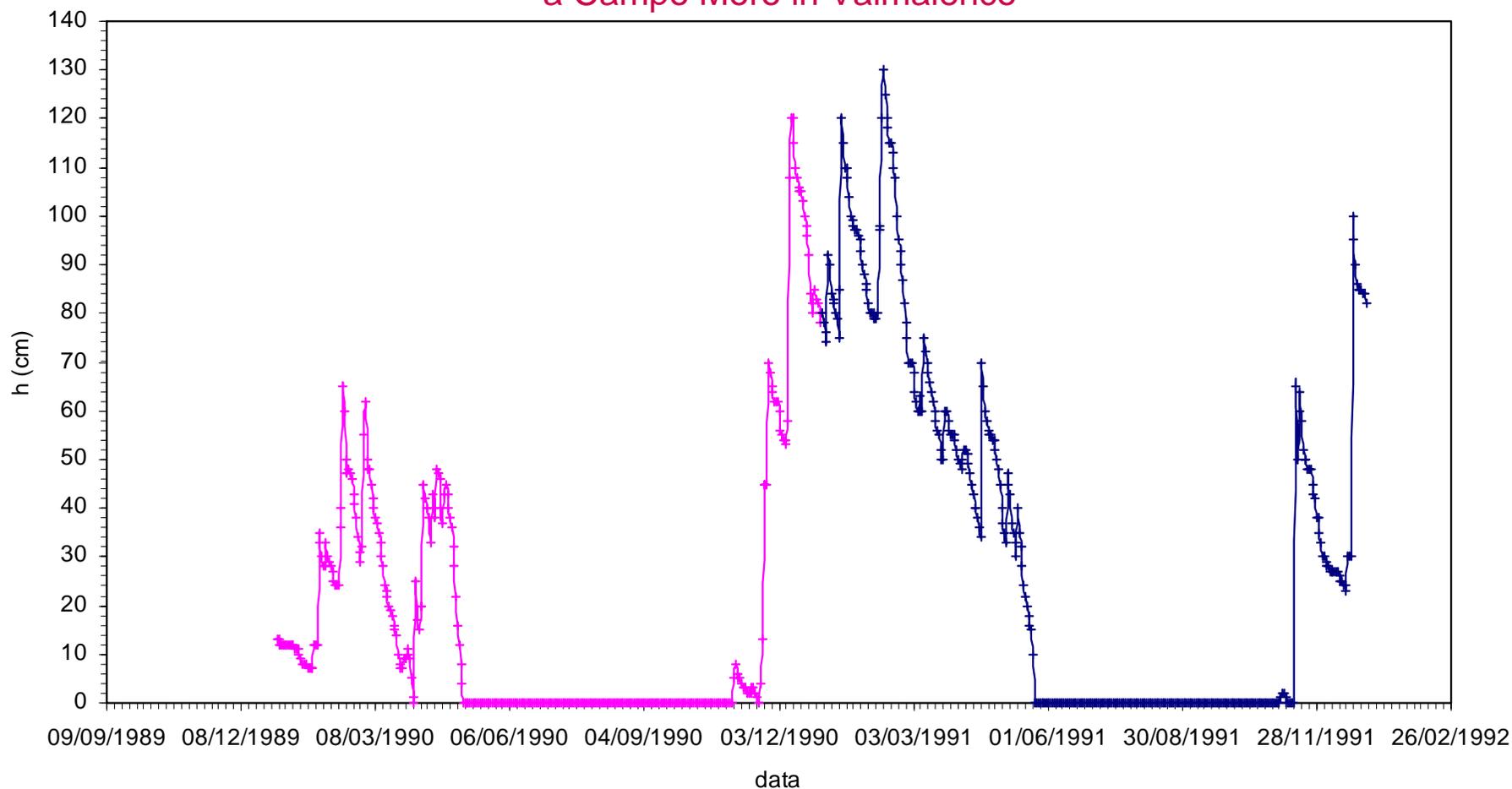
Questi dati

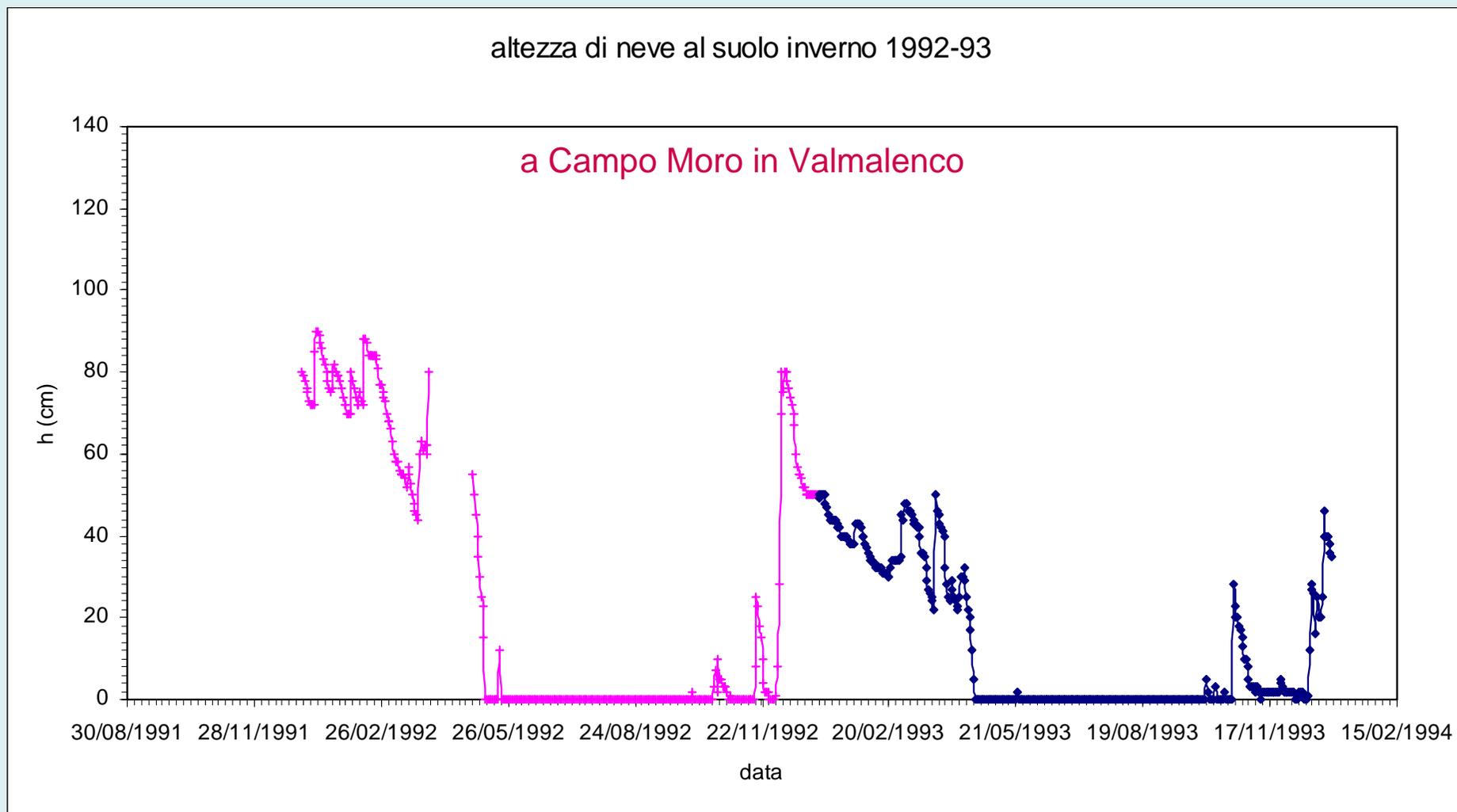
- non sono mai stati interpretati
- costituiscono un patrimonio molto prezioso per la conoscenza quantitativa delle precipitazioni in quanto comprendono:
 - l'altezza di precipitazione giornaliera
 - l'altezza giornaliera di neve al suolo
 - la temperatura minima e massima giornaliera

✓ misure di altezza di neve al suolo

altezza di neve al suolo inverno 1990-91

a Campo Moro in Valmalenco



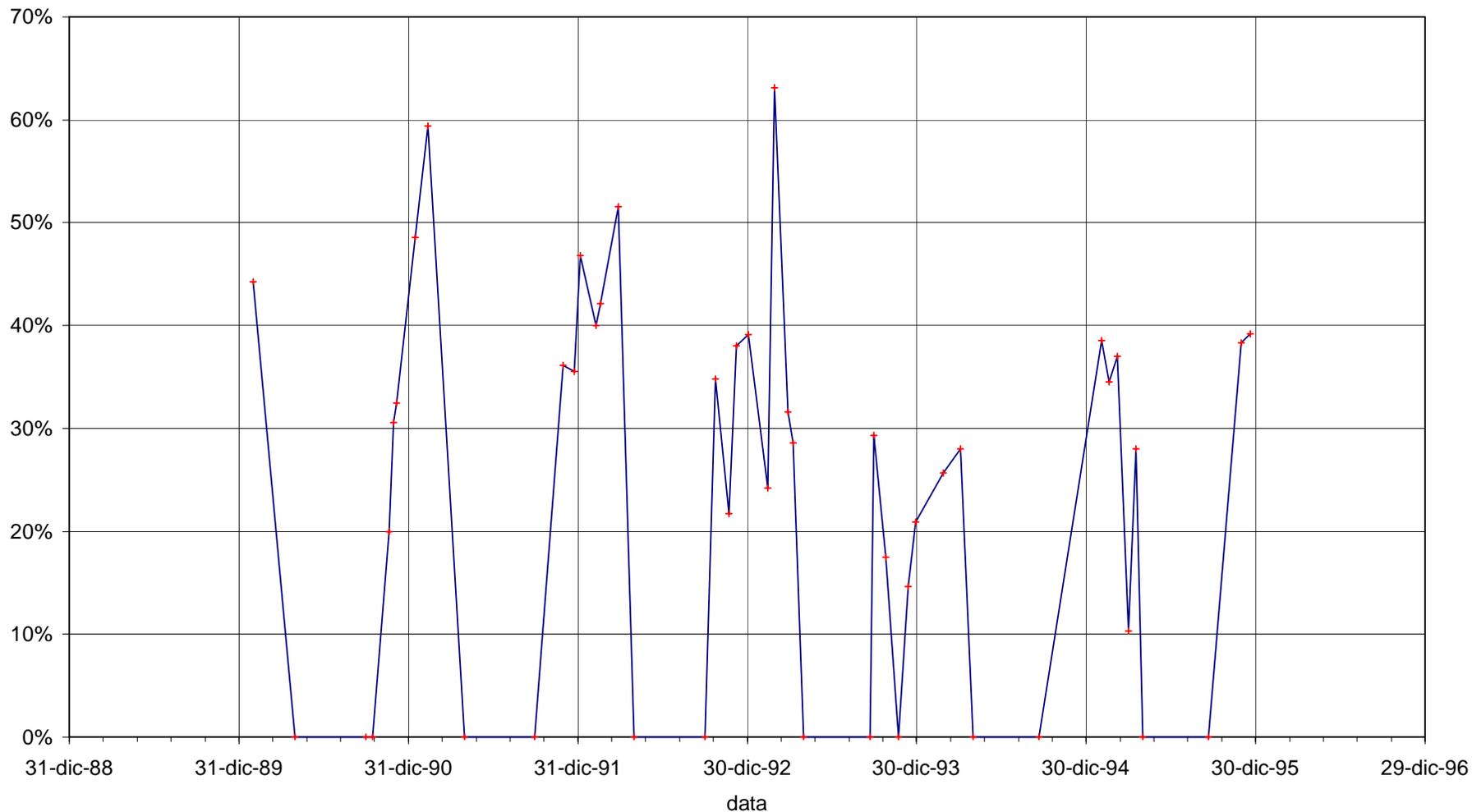


I CAMBIAMENTI CLIMATICI E LE VARIAZIONI SPAZIALI E TEMPORALI DELLE RISORSE IDRICHE NELLA REGIONE LOMBARDIA

Università Milano-Bicocca, Milano 21 Novembre 2007



Percentuale di superficie innevata del sottobacino retico



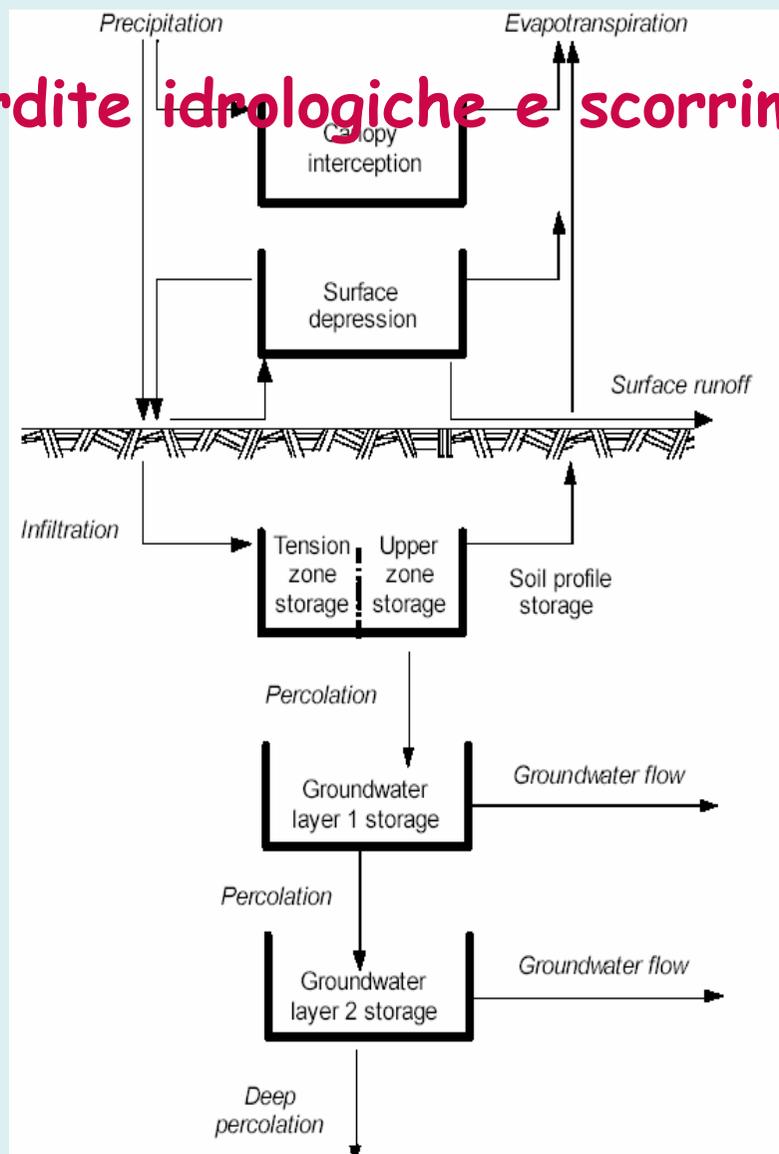
MODELLO DI DEFLUSSO

Il modello di propagazione e immagazzinamento dei deflussi e di evapotraspirazione adottato per questo studio è il modello semi distribuito HEC-HMS prodotto da USACE che è:

- ✓ ben sperimentato
- ✓ piuttosto flessibile nell'uso
- ✓ adatto allo scopo

Della calibrazione e dell'uso del modello parlerà il prof. Fugazza

HEC-HMS: Perdite idrologiche e scorrimento (SMA)

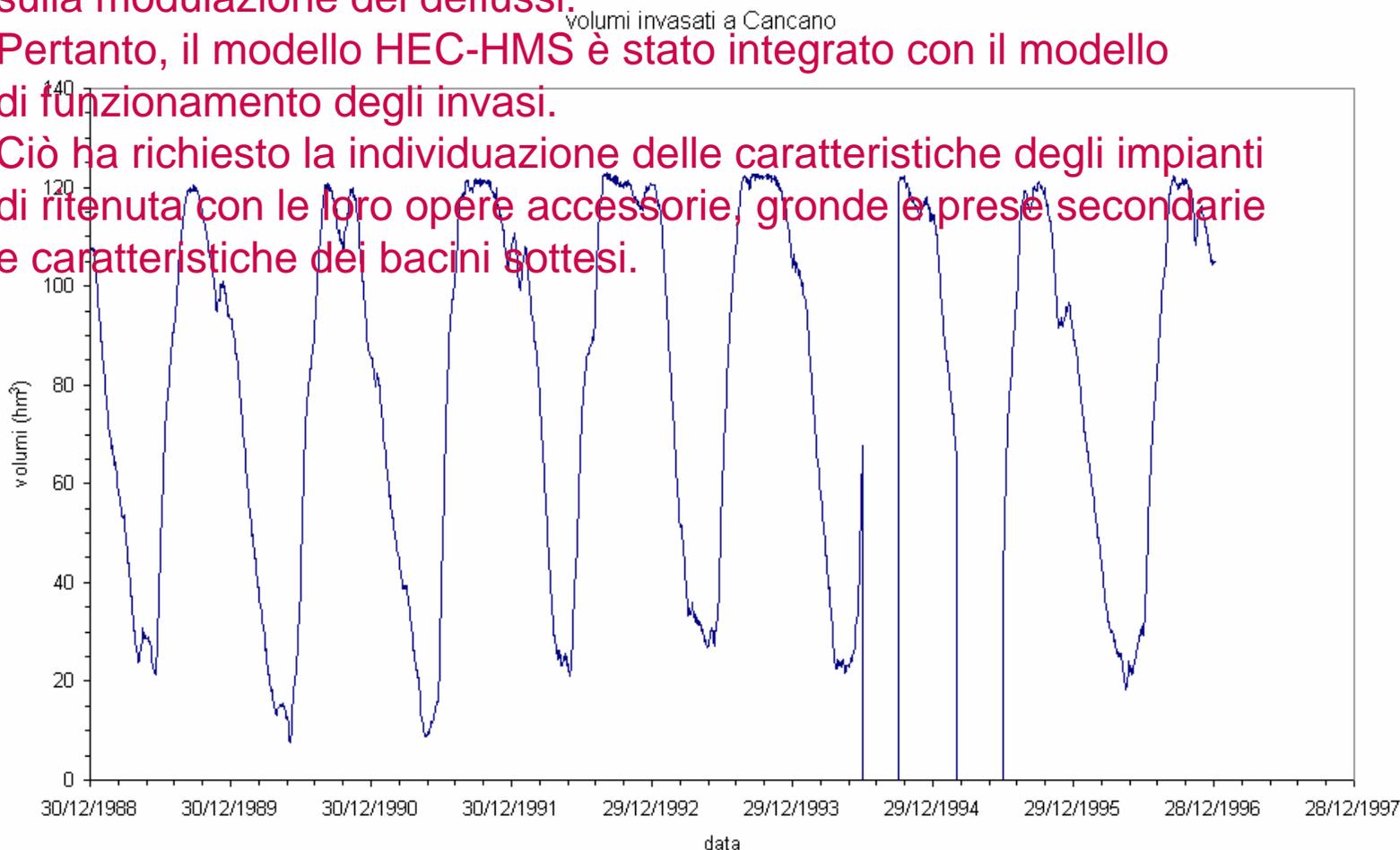


MODELLO DI GESTIONE DEGLI INVASI

La Valtellina costituisce un caso prototipo per studiare l'effetto degli invasi sulla modulazione dei deflussi.

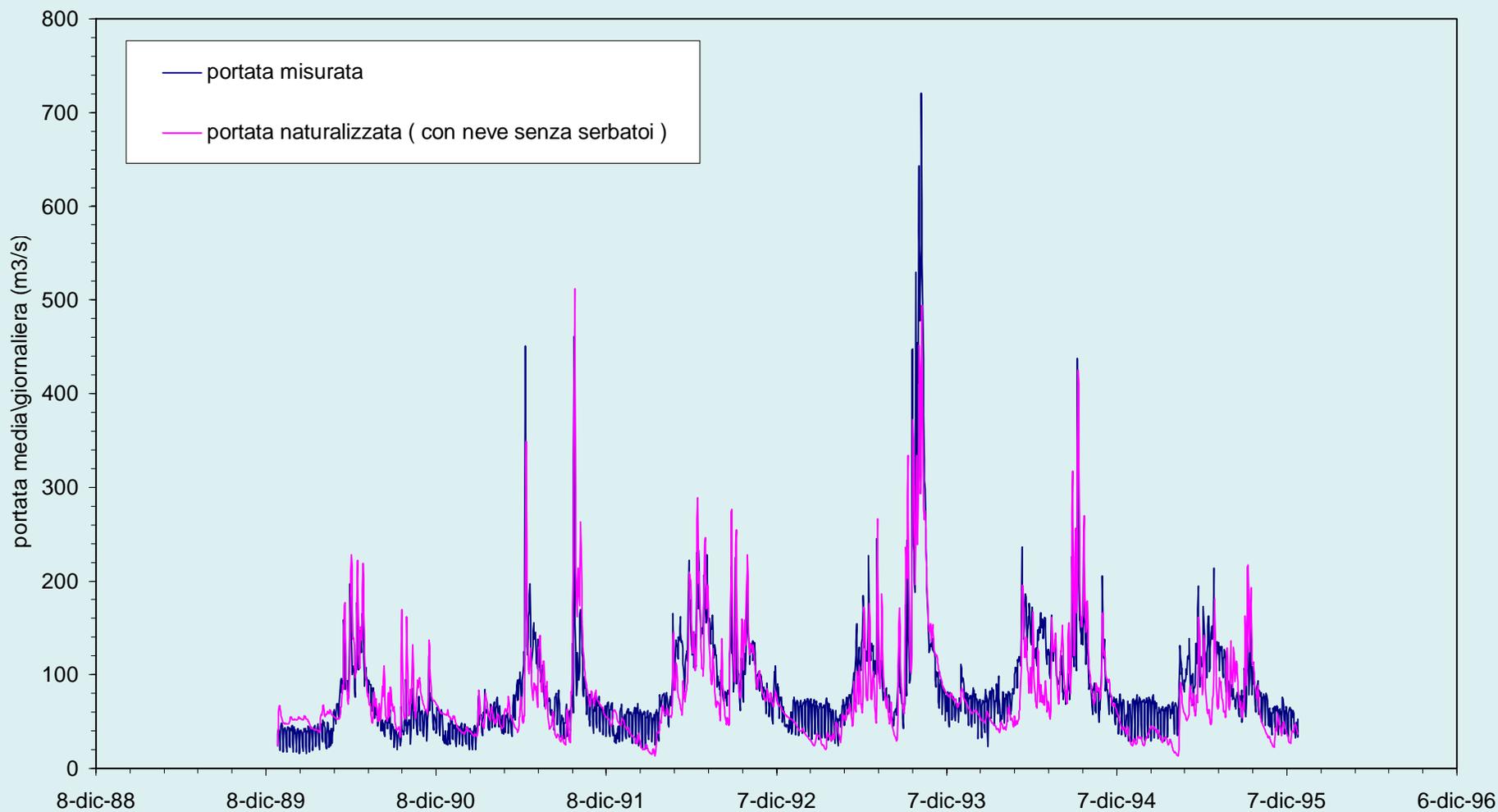
Pertanto, il modello HEC-HMS è stato integrato con il modello di funzionamento degli invasi.

Ciò ha richiesto la individuazione delle caratteristiche degli impianti di ritenuta con le loro opere accessorie, gronde e prese secondarie e caratteristiche dei bacini sottesi.



QUALCHE RISULTATO

deflusso a Fuentes

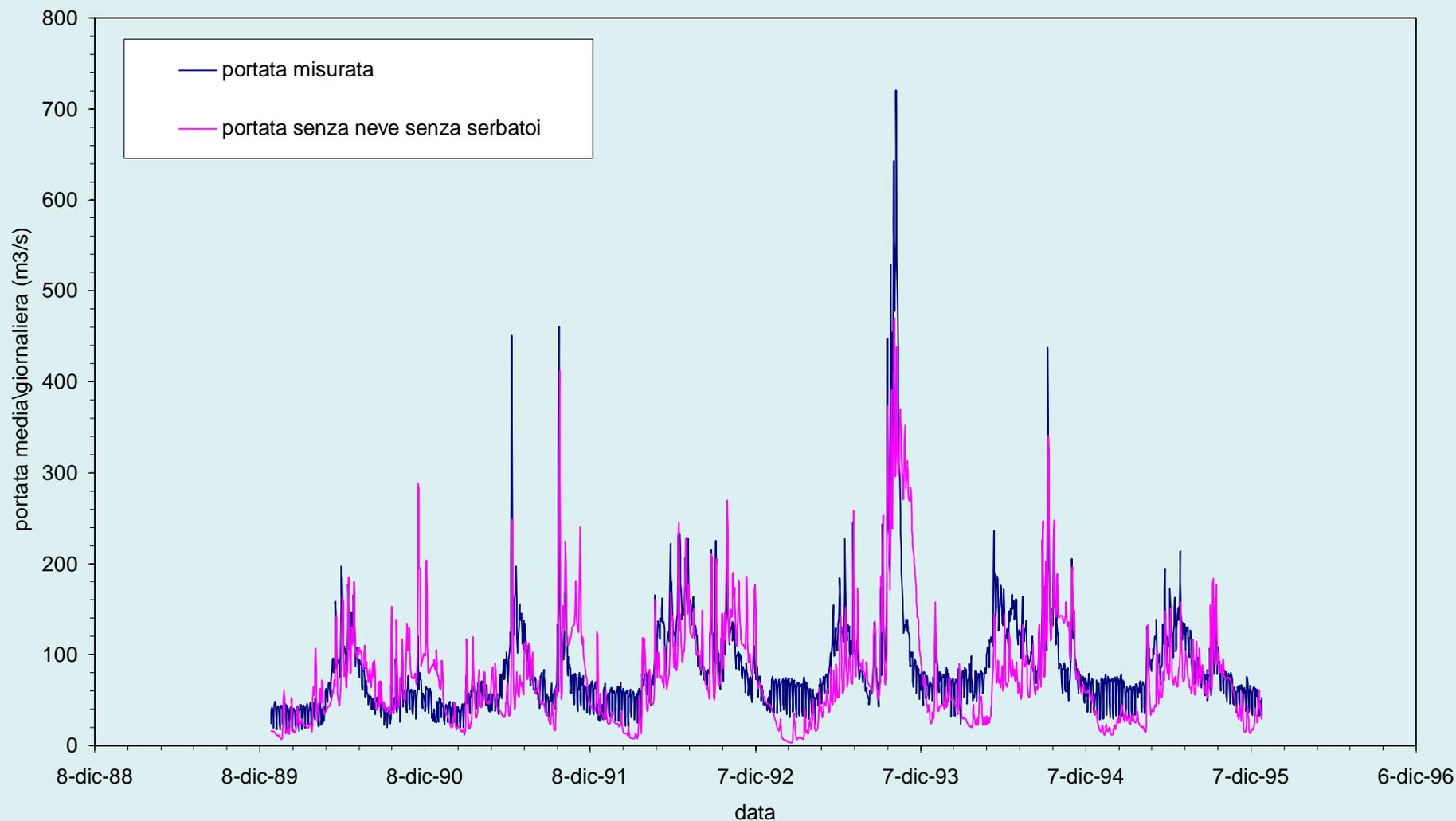


I CAMBIAMENTI CLIMATICI E LE VARIAZIONI SPAZIALI E TEMPORALI DELLE RISORSE IDRICHE NELLA REGIONE LOMBARDIA

Università Milano-Bicocca, Milano 21 Novembre 2007



deflusso a Fuentes





I CAMBIAMENTI CLIMATICI E LE VARIAZIONI SPAZIALI E TEMPORALI DELLE RISORSE IDRICHE NELLA REGIONE LOMBARDIA

Università Milano-Bicocca, Milano 21 Novembre 2007

